

Д. А. Дударева, Г. М. Батракова,  
*Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, Пермь, Россия*

## **ТЕПЛОВАЯ СЪЕМКА ТЕРРИТОРИЙ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ**

Thermal imaging inspection refers to non-destructive types of control and is used to assess the uniformity of the temperature field. The use of thermal imaging to measure the temperature in the surface layer at landfills of solid municipal waste (SMW) is used to search for anomalous temperature zones as potential centers of spontaneous combustion of waste.

Тепловизионное обследование относится к неразрушающим видам контроля и применяется для оценки однородности температурного поля. Широко известно использование тепловизионной съемки для выявления дефектов теплозащиты зданий и теплозащитных ограждающих конструкций, контроля теплопотерь на объектах, сооружениях и устройствах теплоэнергетической отрасли. Известно использование тепловизоров для оценки причин и последствий чрезвычайных ситуаций природного характера (лесные, торфяные пожары), анализе военных действий, а также в прикладных задачах, например, в активном отдыхе, охоте и туризме.

Известно об использовании тепловизионного контроля в целях мониторинга тепловых аномалий площадных наземных природных и техногенных объектов, например, в целях поиска мест разлива нефти вдоль линейных магистралей, выявления участков нефтезагрязнения водно-болотных угодий и нефтезагрязненных земель, анализу режима эксплуатации объектов размещения нефтяных шламов (шламовых амбаров). Учитывая необходимость поиска загрязненных участков на обширных территориях, для тепловизионной съемки применяют беспилотные летательные аппараты (БПЛА) самолетного или коптерного типа.

Применение тепловизионной съемки для измерения температуры в поверхностном слое на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) используется для поиска аномальных температурных зон, как

потенциальных очагов самовозгорания отходов. Причинами возникновения пожаров на полигонах ТКО являются факты нарушения технологии складирования отходов – отсутствие пересыпки отходов инертным материалом, недостаточное уплотнение отходов, нарушение в формировании бортов массива захоронения и, как результат, проникновение воздуха и самовозгорание отходов в летнее-осенний период, особенно при низкой влажности.

По данным [1, 3], в Московской области на полигонах ТКО регистрируется до 30 пожаров в год. Площади пожаров варьируют от 0,01 до 2 га с выгоранием толщи отходов на глубину более 1 м. Масштабным пожарам на территории полигонов, как правило, предшествует долгий период тления на локальных участках объекта размещения отходов.

Теоретические и практические исследования процессов генерации и выделения тепла при биodeградации отходов подтверждают взаимосвязь этапов разложения отходов и объемов эмиссии метана.

Полигон депонирования принято рассматривать как биологический реактор. В биореакторе, работающем при постоянном поступлении отходов, идут процессы биodeградации органической части ТКО с участием консорциума микроорганизмов, в результате жизнедеятельности которых продукты метаболизма трансформируются в биогаз, состоящий до 80 % из метана. В большей степени процессы генерации метана определяются фазой стабильного микробиологического процесса, когда в образующемся биогазе количество метана может достигать 65–85 %, диоксида углерода – 35–15 %. В условиях высокой влажности, при  $\text{pH} = 4,5\text{--}6$  и температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более наблюдается увеличение интенсивности процессов микробиологического разрушения, гидролиза и деполимеризация целлюлозы. Биогаз в этих условиях в основном содержит углекислый газ, при повышении значения  $\text{pH}$  кислоты начинают разлагаться с образованием метана [4,5].

Изменение температуры внутри тела полигона зависит от ряда факторов: глубины и плотности отходов, температуры окружающей среды, интенсивности биоразложения, количества влаги в отходах и др. Наиболее продуктивные с

точки зрения газообразования полигоны находятся в теплых климатических районах. Считается, что понижение температуры наружного воздуха подавляет биологическую активность в верхних слоях полигона, уменьшая общий объем газовыделения. При температурах ниже 10–15 °С образование метана резко снижается, тогда как при повышении температуры от 20 до 30–40 °С скорость метаногенеза (установленная в лабораторных условиях) значительно возрастала.

Выделение биогаза на полигонах ТКО, который в основном образуется на этапе метанового брожения, сопровождается выделением теплоты, поддерживающей в толще отходов температуру 30–40 °С [3]. В анаэробный условиях закрытых полигонов ТКО процессы остаточного разложения органических веществ проходят при температуре 35 °С. По данным практических исследований и многолетних наблюдений за полигонами депонирования ТКО установлено, что непрерывный процесс метангенерации имеет место в толще складированных отходов, на глубине от 5 м и ниже температура сохраняется на уровне 20–80 °С [4]. Максимальное значение температуры в поверхностном слое свалочной толщи – 90 °С приводит к непроизвольному самовозгоранию отходов [5].

Особенности распределения температуры в поверхностном слое не засыпанных отходов определены по результатам исследований на территории трех полигонов ТКО разных сроков эксплуатации: полигоны г. Грозный («Андреевская долина» – срок эксплуатации 5 лет; МУП «Вторсырье» – срок эксплуатации 4 года), полигон г. Москвы («Хметьево» – срок эксплуатации 30 лет). Замеры температуры проводились с помощью тепловизора модели SDS HOTFIND. При проведении тепловизионных исследований руководствовались нормативными документами и методическими рекомендациями: ГОСТ 26629-85, РД 153-34.0-20.364-00 и МУ 2.1.7.730-99. Установлены следующие средние значения температуры: на полигоне «Андреевская долина» –  $34,5 \pm 0,14$  °С, на полигоне МУП «Вторсырье» –  $44,0 \pm 0,36$  °С, на полигоне «Хметьево» –  $13,4 \pm 0,12$  °С. На всех полигонах максимальная температура была зафиксирована на вершинах свалочных тел, у подошвы полигонов температура

опускалась до минимума, что свидетельствует о физико-химических процессах, протекающих в присутствии кислорода (аэробных условиях) [1].

Для решения ряда задач, связанных с тепловым мониторингом полигонов захоронения ТКО, целесообразно выполнение тепловизионной съемки с БПЛА.

Основанием для использования БПЛА с тепловизором являются следующие причины:

- Безопасность. Благодаря дистанционному управлению БПЛА, оператор не взаимодействует напрямую с объектом исследования, что позволяет минимизировать риск присутствия персонала на потенциально опасном с санитарной точки зрения объекте, уменьшается опасность воздействия вредных веществ.

- Продолжительность и детальность исследований. Продолжительность зависит от площади полигона, требуемой детальности отображения элементов территории, разрешающей способности фотокамеры и тепловизора, определения центров фотофиксации и тепловой съемки в границах исследуемого участка, количества поворотных точек траектории полета БПЛА, процента продольного и поперечного перекрытия снимков и др.

Таким образом, исследования температурных аномалий на полигонах ТКО можно использовать в целях поиска очагов самовозгорания отходов и оценки объемов эмиссии биогаза.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мамаджанов, Р. Х., Латушкина, Е. Н. Особенности распределения температуры в поверхностном слое свалочной толщи полигонов ТБО Чеченской республики и Московской области // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. – 2016, № 2. – С. 48–57.

2. Садчиков, А. В. Дегазация полигонов твердых коммунальных отходов // Успехи современной науки и образования. – Оренбургский государственный университет, 2017.

3. Вайсман, Я. И. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: монография. / Я. И. Вайсман. – Пермь: Изд-во Перм.нац. исслед. политехн. ун-та, 2012 – 259 с.

4. Шаимова, А. М., Насырова, Л. А., Фасхутдинов, Р. Р. Изучение факторов метангенерации в условиях полигона твердых бытовых отходов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-faktorov-metangeneratsii-v-usloviyah-poligona-tverdyh-bytovyh-othodov> (дата обращения 23.03.19)

5. Мамаджанов, Р. Х., Латушкина, Е. Н. Экологические воздействия полигонов ТБО и мусоросжигательных заводов на окружающую природную среду: сравнительный анализ // Материалы конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования 2013»: Сб. науч. трудов. – 2014. – Вып. 16. – С. 399.